

天井照度センサを用いた外光照度分布推定手法の提案

Estimate Daylight Illuminance Distribution using the Ceiling Illuminance Sensor

穂西 克弥*
Katsuya AKINISHI

三木 光範*
Mitsunori MIKI

清水 祐希†
Yuki SHIMIZU

間 博人*
Hiroto AIDA

1. はじめに

オフィスビルにおいて電力消費の割合の中で、照明による電力消費は24%と空調に次いで大きな割合を占めている¹⁾。そこで、照明環境を改善することにより、消費電力を削減することに注目が集まっている。照明環境改善のために照明制御に関して数多く研究されており、その中に昼光を利用して照明によるエネルギー消費を抑える手法がある²⁾。昼光利用する手法では、昼間は窓から室内へと入る外光を利用し、照明の光度を低くするなどして消費電力の削減に貢献している。本研究では、昼光を利用して執務者に適切な照度を与える照明制御のために室内の外光照度分布を、天井照度センサを用いて推定する。天候・季節・時刻によって変化する室内の外光照度分布を推定することは、室内に照度センサを均一に多数設置することで可能である。しかし、実際のオフィスでは、室内に多数の照度センサを均一に設置することは容易ではない。そこで複数の天井照度センサを用いることで、室内での机上面の高さの外光照度分布を推定する手法を提案し、執務者に快適な光環境を実現する。

2. 天井照度センサ

2.1. 天井照度センサの概要

天井照度センサは多くの先進ビルや工場に導入されている。事例として、2013年に竣工された茅場町グリーンビルディングでは、エリアや照明ごとに天井照度センサが導入されている。本研究で用いる天井照度センサ(MITSUBISHI 照度センサ MS2901)は、天井に設置してそこから円錐状の検知範囲をもっており、そこからセンサに入射した光から直下2mの平均照度を算出している。昼光による照度が執務作業に十分な値である際には、天井照度センサが検知範囲内の照度を測定し、窓際の照明を消したり、光度を下げるといった制御に利用されている。

2.2. 天井照度センサの照度取得の基礎実験

9個の天井照度センサと直下の机上面の高さの位置に照度センサを設置して、1日を通して外光照度を測定した。Fig.3の地点Aと地点Bの天井照度センサの測定値と直下の机上面照度の関係をFig.1, 2に示す。

Fig.1, 2より、外光照度における天井照度センサの測定値と、その直下の照度値には線形関係が見られた。線形関係は今回測定した全ての天井照度センサで同様に得られた。従って、天井照度センサの測定値と直下の机上面照度を計測することで近似式の生成が可能であり、直

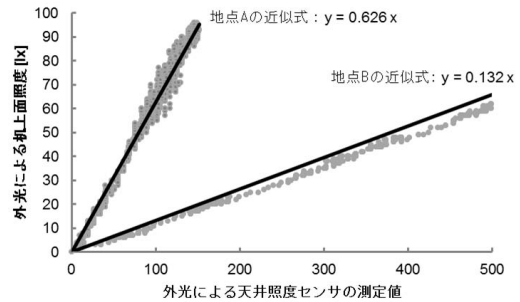


Fig.1 外光による天井照度センサの測定値と机上面照度の関係

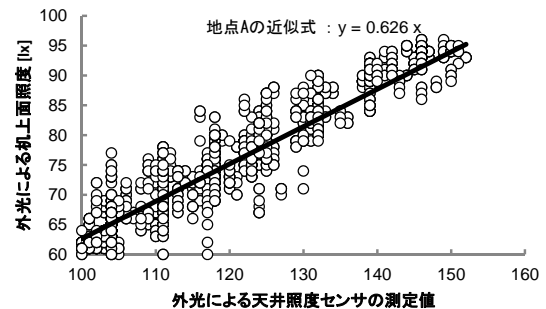


Fig.2 外光による天井照度センサの測定値と机上面照度の関係(拡大図)

下の机上面照度を推定可能であることがわかった。このことから天井照度センサの測定値からある時点での9点の机上面照度がわかるために、それらをモデル式に当てはめることで外光照度分布を定式化可能ではないかと考えられる。

3. 天井照度センサを用いた外光照度分布推定

3.1. 提案手法

天井照度センサの測定値から室内の外光照度分布を推定するための手順を以下に示す。

1. 天井照度センサの測定値から近似式を用いてその直下の机上面照度を推定する
2. 室内の外光照度分布をモデル式として定式化する
3. 9台の天井照度センサの直下の推定値とその座標を用いて回帰分析を行って係数を定める
4. 任意の地点の座標をモデル式に代入してその地点の照度を推定する

天井照度センサの測定値とその直下の照度値の近似式は2.2節で求めたものを用いる。そしてモデル式の導出は多くのモデル式を試行して、推定誤差が少ないものとしている。その結果、ある時間における外光照度分布を

* 同志社大学理工学部

† 同志社大学大学院

式として定めることが可能となる。本研究で用いるモデル式を式(1)に示す。

$$z = \beta_0 + \beta_1 y^3 + \beta_2 x^2 y^4 + \beta_3 x^3 y + \beta_4 xy \quad (1)$$

x, y : 室内の位置座標, z : その位置における外光照度

3.2. 外光照度分布推定の精度検証

提案手法により, 机上面照度を推定した場合に誤差がどれほど生じるかを検証した。本実験を行った環境を Fig.3 に示す。

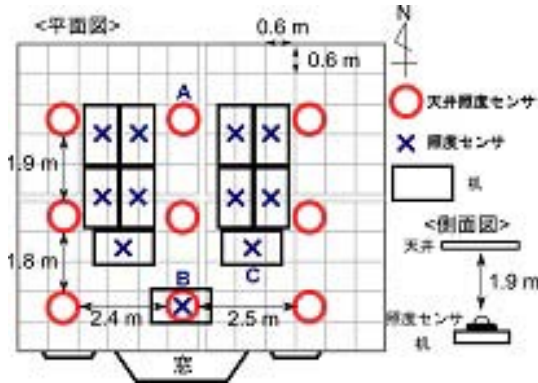


Fig.3 外光測定環境

天井照度センサ9台と, 各地点での机上面照度の精度を確かめるための机上面照度センサ11台を設置して, 外光を測定した。実験日は晴天であり, 日の出から日の入りまでの時間, 外光を計測した。外光照度をすべての照度センサで20秒ごとに取得し, その結果を本研究での提案手法を用いて推定を行い, 実測値との誤差を比較した。

各天井照度センサから離れた場所である地点Cでの推定の結果を Fig.4 に示す。また, 1日の外光推定を通して, 推定照度と実測値との誤差の合計が最も大きかった地点Bのセンサの照度推移の様子を Fig.5 に示す。

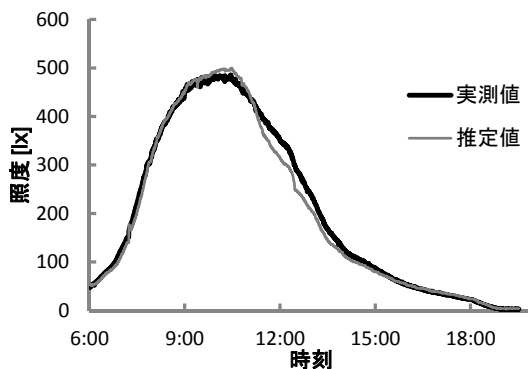


Fig.4 実測値と推定照度値の時間推移 (地点C)

Fig.4において, 推定誤差は最大で50 lxであり, 天井照度センサの直下の点から離れていても, 高い精度で推定ができています。しかし, 推定誤差が最も大きく生じた Fig.5 では, 推定誤差は最大で144 lx 生じています。天井照度センサから直下の机上面照度値への推定誤差が生じ

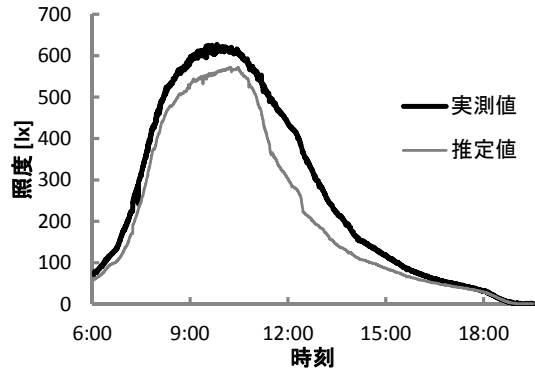


Fig.5 実測値と推定照度値の時間推移 (地点B)

ているのに加え, モデル式を用いた推定を行った際にも誤差が生じたために合計の誤差が大きくなっていると考えられる。さらに全センサで推定した測定時間内の照度誤差分布を Fig.6 に示す。

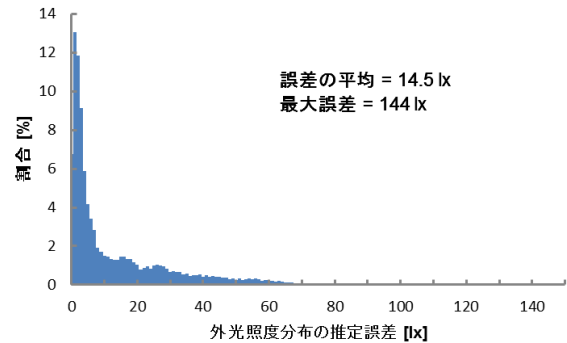


Fig.6 外光照度分布の推定誤差

推定した外光照度分布と11個のセンサの実測値の差は, 50 lx にほぼ収まっている。

本推定手法を用いることで, 窓際の地点Bを除く測定点においては, 最大誤差68 lxと高い推定精度であることがわかった。ただし, 窓際の天井照度センサは検知面にブラインドが入っており, かつ強い直射日光をブラインドが受けている場合には直下の机上面照度センサと比較して大きすぎる値を計測することがある。その結果として, 窓際の天井照度センサの値は他の位置と比べて, 近辺の照度の推定精度が劣る。

しかし, 窓際を除く地点の外光分布推定は本研究により可能となり, 執務者に適切な照度を与える照明の制御を行い, 消費電力の削減が見込まれる。今後は, 天井照度センサの遅延や窓際における測定値の特性を求めて, 外光照度分布推定の精度を上げていきたい。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁, 節電アクション, <http://www.meti.go.jp/setsuden/pdf/east02.pdf>, 2015年5月27日現在
- 2) 井上隆, 一ノ瀬雅之, 木下泰斗, オフィスビルにおける昼光利用照明による省エネルギー, 日本建築学会大会学術講演梗概集 pp1327-1328, 2007